



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/018516 A1

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es wird beschrieben ein Verfahren zum Ausbilden von Schnittflächen (9) in einem transparenten Material, insbesondere in der Augenhornhaut (5), durch Erzeugen optischer Durchbrüche (8) im Material (5) mittels ins Material (5) fokussierter Laserstrahlung (3), wobei der Fokuspunkt (7) verstellt wird, um die Schnittfläche (9) durch eine flächengitterartige Anordnung (F) aneinandergereihter optischer Durchbrüche (8) zu bilden, und wobei der Fokuspunkt (7) entlang einer Bahn verstellt wird und entlang der Bahn benachbarte optische Durchbrüche (8) nicht unmittelbar hintereinander erzeugt werden, und wobei weiter die flächengitterartige Anordnung (F) der optischen Durchbrüche (8) aus mindestens zwei Teilgittern (G,1, G2, G3) aufgebaut wird, die hinsichtlich ihrer zugeordneten optischen Durchbrüche (8) nacheinander abgearbeitet werden.

WO 2005/018516 A1

Verfahren und Vorrichtung zum Ausbilden von Schnittflächen in einem transparenten Material

- Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Ausbilden von Schnittflächen in einem transparenten Material, insbesondere in der Augenhornhaut, durch Erzeugen optischer Durchbrüche im Material mittels ins Material fokussierter Laserstrahlung, wobei der Fokuspunkt verstellt wird, um die Schnittfläche durch eine flächengitterartige Anordnung aneinandergereihter optischer Durchbrüche zu bilden, und wobei der Fokuspunkt entlang einer Bahn verstellt wird und entlang der Bahn benachbarte optische Durchbrüche nicht unmittelbar hintereinander erzeugt werden. Die Erfindung bezieht sich weiter auf eine Vorrichtung zum Ausbilden von Schnittflächen in einem transparenten Material, insbesondere in der Augenhornhaut, mit einer Laserstrahlungsquelle, die Laserstrahlung in das Material fokussiert und dort optische Durchbrüche bewirkt, wobei eine Scaneinrichtung, die den Fokuspunkt verstellt, und eine Steuereinrichtung vorgesehen sind, die die Scaneinrichtung ansteuert, um die Schnittfläche durch eine flächengitterartige Anordnung aneinandergereihter optischer Durchbrüche im Material zu bilden, wobei die Steuereinrichtung den Fokuspunkt entlang einer Bahn verstellt und entlang der Bahn benachbarte optische Durchbrüche nicht unmittelbar hintereinander erzeugt.
- Gekrümmte Schnittflächen innerhalb eines transparenten Materials werden insbesondere bei laserchirurgischen Verfahren und dort insbesondere bei augenchirurgischen Eingriffen erzeugt. Dabei wird Behandlungs-Laserstrahlung innerhalb des Gewebes d.h. unterhalb der Gewebeoberfläche derart fokussiert, daß optische Durchbrüche im Gewebe entstehen.
- Im Gewebe laufen dabei zeitlich hintereinander mehrere Prozesse ab, die durch die Laserstrahlung initiiert werden. Überschreitet die Leistungsdichte der Strahlung einen Schwellwert, kommt es zu einem optischen Durchbruch, der im Material eine Plasmablase erzeugt. Diese Plasmablase wächst nach Entstehen des optischen Durchbruches durch sich ausdehnende Gase. Wird der optische Durchbruch nicht aufrechterhalten, so wird das in der Plasmablase erzeugte Gas vom umliegenden Material aufgenommen, und die Blase

- verschwindet wieder. Dieser Vorgang dauert allerdings sehr viel länger, als die Entstehung der Blase selbst. Wird ein Plasma an einer Materialgrenzfläche erzeugt, die durchaus auch innerhalb einer Materialstruktur liegen kann, so erfolgt ein Materialabtrag von der Grenzfläche. Man spricht dann von Photoablation. Bei einer Plasmablase, die vorher verbundene
- 5 Materialschichten trennt, ist üblicherweise von Photodisruption die Rede. Der Einfachheit halber werden all solche Prozesse hier unter dem Begriff optischer Durchbruch zusammengefaßt, d.h. dieser Begriff schließt nicht nur den eigentlichen optischen Durchbruch sondern auch die daraus resultierenden Wirkungen im Material ein.
- 10 Für eine hohe Genauigkeit eines laserchirurgischen Verfahrens ist es unumgänglich, eine hohe Lokalisierung der Wirkung der Laserstrahlen zu gewährleisten und Kolateralschäden in benachbartem Gewebe möglichst zu vermeiden. Es ist deshalb im Stand der Technik üblich, die Laserstrahlung gepulst anzuwenden, so daß der zur Auslösung eines optischen Durchbruchs nötige Schwellwert für die Leistungsdichte nur in den einzelnen Pulsen überschritten wird. Die
- 15 US 5.984.916 zeigt diesbezüglich deutlich, daß der räumliche Bereich des optischen Durchbruchs (in diesem Fall der erzeugten Wechselwirkung) stark von der Pulsdauer abhängt. Eine hohe Fokussierung des Laserstrahls in Kombination mit sehr kurzen Pulsen erlaubt es damit, den optischen Durchbruch sehr punktgenau in einem Material einzusetzen.
- 20 Der Einsatz von gepulster Laserstrahlung hat sich in der letzten Zeit besonders zur laserchirurgischen Fehlsichtigkeitskorrektur in der Ophthalmologie durchgesetzt. Fehlsichtigkeiten des Auges rühren oftmals daher, daß die Brechungseigenschaften von Hornhaut und Linse keine optimale Fokussierung auf der Netzhaut bewirken.
- 25 Die erwähnte US 5.984.916 sowie die US 6.110.166 beschreiben Verfahren zur Schnitterzeugung mittels geeigneter Erzeugung optischer Durchbrüche, so daß im Endeffekt die Brechungseigenschaften der Hornhaut gezielt beeinflußt werden. Eine Vielzahl von optischen Durchbrüchen wird so aneinandergesetzt, daß innerhalb der Hornhaut des Auges ein linsenförmiges Teilvolumen isoliert wird. Das vom übrigen Hornhautgewebe getrennte
- 30 linsenförmige Teilvolumen wird dann über einen seitlich öffnenden Schnitt aus der Hornhaut herausgenommen. Die Gestalt des Teilvolumens ist so gewählt, daß nach Entnahme die Form und damit die Brechungseigenschaften der Hornhaut so geändert sind, daß die erwünschte Fehlsichtigkeitskorrektur bewirkt ist. Die dabei geforderten Schnittflächen sind gekrümmt, was eine dreidimensionale Verstellung des Fokus nötig macht. Es wird deshalb eine
- 35 zweidimensionale Ablenkung der Laserstrahlung mit gleichzeitiger Fokusverstellung in einer dritten Raumrichtung kombiniert.

Beim Aufbau eines Schnittes durch Aneinanderreihung optischer Durchbrüche im Material verläuft die Erzeugung eines optischen Durchbruches um ein Vielfaches schneller, als es dauert, bis ein davon erzeugtes Plasma wieder im Gewebe absorbiert wird. Aus der Veröffentlichung A. Heisterkamp et al., Der Ophthalmologe, 2001, 98:623-628, ist es bekannt, daß nach Erzeugen eines optischen Durchbruches in der Augenhornhaut am Fokuspunkt, an dem der optische Durchbruch erzeugt wurde, eine Plasmablase wächst, die nach einigen µs eine maximale Größe erreicht und anschließend wieder nahezu vollständig kollabiert. Es bleiben dann nur kleine Restblasen übrig. Die Veröffentlichung führt aus, daß ein Zusammenschließen anwachsender Plasmablasen die Schnittqualität mindert. Es wird deshalb dort ein gattungsgemäßes Verfahren vorgeschlagen, bei dem einzelne Plasmablasen nicht direkt nebeneinander erzeugt werden. Statt dessen wird in einer spiralförmigen Bahn zwischen aufeinanderfolgend erzeugten optischen Durchbrüchen eine Lücke gelassen, die in einem zweiten Durchlauf durch die Spirale mit optischen Durchbrüchen und daraus resultierenden Plasmablasen gefüllt wird. Damit soll ein Zusammenschluß benachbarter Plasmablasen verhindert und die Schnittqualität gefördert werden. Bei der von Heisterkamp et al. beschriebenen Spirale nimmt mit den Spiralwindungen der Abstand der erzeugten optischen Durchbrüche unvermeidlich zu.

Alternativ zu dem in der zitierten Veröffentlichung beschriebenen Vorgehen wäre es auch denkbar, den zeitlichen Abstand nacheinander erzeugter optischer Durchbrüche so groß zu gestalten, daß die Plasmablase eines optischen Durchbruches bereits kollabiert ist, bevor der nächste optische Durchbruch erzeugt wird. Dies würde jedoch die Schnittflächenerzeugung stark verlangsamen.

Eine schnelle Schnittflächenerzeugung ist nicht nur aus Komfort- oder Zeitersparniswünschen anzustreben; vor dem Hintergrund, daß bei ophthalmologischen Operationen unvermeidlicherweise Bewegungen des Auges auftreten, fördert eine schnelle Schnittflächenerzeugung auch die optische Qualität des erzielten Resultats bzw. senkt die Anforderungen an eventuelle Nachführungen von Augbewegungen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß für die Erzeugung einer qualitativ guten Schnittfläche eine möglichst geringe Zeit erforderlich ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem gattungsgemäßen Verfahren gelöst, bei dem die flächengitterartige Anordnung der optischen Durchbrüche aus mindestens zwei Teilgittern aufgebaut wird, die hinsichtlich ihrer zugeordneten optischen Durchbrüche nacheinander abgearbeitet werden.

Die Aufgabe wird weiter mit einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, bei der die flächengitterartige Anordnung der optischen Durchbrüche aus mindestens zwei Teilgittern aufgebaut ist und die Steuereinrichtung die Fokusverstellung so bewirkt, daß die Teilgitter hinsichtlich ihrer zugeordneten optischen Durchbrüche nacheinander abgearbeitet werden.

Die Erfindung erreicht durch Aufteilung der Schnittfläche in mehrere Teilgitter, daß zum einen bei der Aneinanderreihung der optischen Durchbrüche keine Gefahr besteht, direkt benachbarte optische Durchbrüche auch zeitlich direkt nacheinander zu erzeugen. Zum anderen ist eine vollständige bzw. gleichmäßige Füllung der Schnittfläche mit optischen Durchbrüchen erreicht.

Die durch Aneinanderreihung optischer Durchbrüche zu erzeugende Schnittfläche ist im allgemeinen gekrümmt. Auf der gekrümmten Fläche wird nun ein regelmäßiges Flächengitter derart definiert, daß eine gleichmäßige und vorzugsweise dichte Packung von Zonen, in denen optische Durchbrüche sich auswirken, erzielt wird. Dabei wird vorzugsweise darauf geachtet, daß der sphärische Abstand zwischen den Zentren zweier optischer Durchbrüche (auch als geodätische Linie bezeichnet) nur maximal 10 % größer ist, als der Abstand der Orte optischer Durchbrüche im Raum. Unter diesen Voraussetzungen kann ein kleines Gebiet der Schnittfläche in guter Näherung als ebener Flächenabschnitt angesehen werden. Unter „flächengitterartige Anordnung“ wird deshalb die regelmäßige Anordnung der Orte, an denen optische Durchbrüche durch Fokussierung der Laserstrahlung initiiert werden, im dreidimensionalen Raum bezogen auf die Schnittfläche verstanden, wobei im Rahmen der oben erwähnten Näherung zumindest abschnittsweise von einem ebenen Flächenelement ausgegangen werden kann.

25

Durch geeignete Aufteilung der flächenhaften Anordnung der Plasmablasen in Teilgitter und sequentielle Abarbeitung der Teilgitter, d.h. es werden erst die Durchbrüche eines Teilgitters erzeugt, bevor die Durchbrüche des nächsten Teilgitters initiiert werden, ist erreicht, daß zwischen zwei zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgend erzeugten Durchbrüchen immer ein räumlicher Abstand ist. Die Problematik des Zusammenwachsens von Plasmablasen direkt aufeinander erfolgter Durchbrüche ist vermieden. Dabei müssen einzelne Teilgitter nicht vollständig aus geführt werden.

35

Mit steigender Geschwindigkeit, mit der optische Durchbrüche erzeugt werden kann es auch zum Zusammenwachsen von Plasmablasen aus optischen Durchbrüchen kommen, die durch die Aneinanderreihung verschiedener Abschnitte der Bahnkurve benachbart sind. Die erfindungsgemäße Aufteilung der flächengitterartigen Anordnung in mindestens zwei Teilgitter erlaubt es diese Problematik zu vermeiden, da durch geeignete Wahl der Teilgitter dafür

gesorgt werden kann, daß innerhalb eines Teilgitters keine optischen Durchbrüche in unmittelbarer Nachbarschaft erzeugt werden. Durch eine geeignete Wahl der Teilgitter kann weiter weitgehend für eine gleichmäßige Flächenfüllung gesorgt werden. Es ist in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, daß die Teilgitter so gewählt werden, 5 daß in der flächengitterartigen Anordnung in mindestens einem Teilgitter für mindestens einen optischen Durchbruch alle benachbarten optischen Durchbrüche zu einem oder mehreren der anderen Teilgitter gehören. Zweckmäßigerweise wird man diesen Ansatz so ausführen, daß für alle Teilgitter die optischen Durchbrüche keinen unmittelbar benachbarten optischen Durchbruch, der zum selben Teilgitter gehört, haben. Durch diese Weiterbildung ist die 10 Geschwindigkeit, mit der die Durchbrüche nacheinander erzeugt werden, hinsichtlich der Problematik des Zusammenwachsens von Plasmablasen nur noch durch den zeitlichen Abstand zweier Teilgitter beschränkt. Legt man die von Heisterkamp et al. publizierten Werte für das Anwachsen und Vergehen einer Plasmablase zugrunde, sollten zwischen dem den ersten Plasmablasen aufeinanderfolgenden Teilgittern mindestens etwa 2 bis 5 μ s oder sogar einige 15 Millisekunden bis Sekunden liegen.

Die Zahl an Teilgittern ist prinzipiell nicht beschränkt. Es hat sich jedoch gezeigt, daß bei zwei Teilgittern es mitunter nicht vollständig vermieden werden kann, daß zum selben Teilgitter gehörende Plasmablasen benachbart sind. Eine Aufteilung in drei Teilgitter ist deshalb 20 vorteilhaft. Eine besonders vorteilhafte flächengitterartige Anordnung stellt das trigonale oder hexagonale Gitter dar (zur Anschaulichkeit werden hier die für das ebene Flächengitter üblichen Begriffe verwendet), bei dem nicht nur eine sehr hohe Flächenfüllung von über 90 % erreichbar ist, sondern bei dem auch auf einfache Weise sichergestellt ist, daß ein zu einem Teilgitter gehörender optischer Durchbruch nur unmittelbare Nachbarn aus den anderen beiden 25 Teilgittern hat.

Die verschiedenen Teilgitter lassen sich zweckmäßigerweise durch ein Grundteilgitter erzeugen, das entsprechend der Anzahl an Teilgittern geeignet verschoben wird, um die flächengitterartige Anordnung zu erreichen. Dieser Ansatz hat weiter den Vorteil, daß die 30 Steuereinrichtung die Fokusverstellung gemäß einem dem Grundteilgitter zugeordneten festen Schema vornehmen kann, beispielsweise in Form einer bestimmten Abtastbahn bzw. eines bestimmten Rastermodus, und für die einzelnen Teilgitter lediglich eine relativ einfache Koordinatentransformation, beispielsweise in Form einer Verschiebung berücksichtigen muß.

35 Für die erfindungsgemäße Vorrichtung kommt jede geeignete Steuereinheit in Frage, die das erläuterte Verfahren ausführt, beispielsweise ein geeignet programmierter Mikroprozessor oder Computer, der die Baugruppen der Vorrichtung geeignet ansteuert.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung beispielhalber noch näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

- Figur 1 eine perspektivische Darstellung eines Patienten während einer laserchirurgischen
5 Behandlung mit einem laserchirurgischen Instrument,
Figur 2 die Fokussierung eines Strahlenbündels auf das Auge des Patienten beim Instrument
der Figur 1,
Figur 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer während der laserchirurgischen
Behandlung mit dem Instrument der Figur 1 erzeugten Schnittfläche,
10 Figur 4 eine Ablenkvorrichtung des laserchirurgischen Instruments der Figur 1,
Figur 5 drei Teilfiguren 5a, 5b und 5c zum Aufbau der Schnittfläche der Figur 3 aus mehreren
Teilgittern.

In Figur 1 ist ein laserchirurgisches Instrument zur Behandlung eines Auges 1 eines Patienten
15 gezeigt, wobei das laserchirurgische Instrument 2 zur Ausführung einer refraktiven Korrektur
dient. Das Instrument 2 gibt dazu einen Behandlungs-Laserstrahl 3 auf das Auge des Patienten
1 ab, dessen Kopf in einen Kopfhalter 4 fixiert ist. Das laserchirurgische Instrument 2 ist in der
Lage, einen gepulsten Laserstrahl 3 zu erzeugen, so daß das in US 6.110.166 beschriebene
Verfahren ausgeführt werden kann. Die Baugruppen des Instrumentes 2 werden von einer im
20 Ausführungsbeispiel integrierten Steuereinheit gesteuert.

Das laserchirurgische Instrument 2 weist dazu, wie in Figur 2 schematisch dargestellt ist, eine
Strahlquelle S auf, deren Strahlung in die Hornhaut 5 des Auges 1 fokussiert wird. Mittels des
laserchirurgischen Instrumentes 2 wird eine Fehlsichtigkeit des Auges 1 des Patienten dadurch
25 behoben, daß aus der Hornhaut 5 Material so entfernt wird, daß sich die
Brechungseigenschaften der Hornhaut um ein gewünschtes Maß ändern. Das Material wird
dabei dem Stroma der Hornhaut entnommen, das unterhalb von Epithel und Bowmanscher
Membran oberhalb der Decemetschen Membran und des Endothels liegt.

30 Die Materialentfernung erfolgt, indem durch Fokussierung des hochenergetischen gepulsten
Laserstrahls 3 mittels eines verstellbaren Teleskopes 6 in einem in der Hornhaut 5 liegenden
Fokus 7 in der Hornhaut Gewebeschichten getrennt werden. Jeder Puls der gepulsten
Laserstrahlung 3 erzeugt dabei einen optischen Durchbruch im Gewebe, welcher eine
Plasmablase 8 initiiert. Dadurch umfaßt die Gewebeschichttrennung ein größeres Gebiet, als
35 der Fokus 7 der Laserstrahlung 3. Durch geeignete Ablenkung des Laserstrahls 3 werden nun
während der Behandlung viele Plasmablasen 8 generiert. Diese Plasmablasen 8 bilden dann
eine Schnittfläche 9, die ein Teilvolumen T des Stromas, nämlich das zu entfernende Material
der Hornhaut 5 umschreiben.

Das laserchirurgische Instrument 2 wirkt durch die Laserstrahlung 3 wie ein chirurgisches Messer, das, ohne die Oberfläche der Hornhaut 5 zu verletzen, direkt Materialschichten im Inneren der Hornhaut 5 trennt. Führt man den Schnitt durch weitere Erzeugung von
5 Plasmablasen 8 bis an die Oberfläche der Hornhaut 5, kann ein durch die Schnittfläche 9 isoliertes Material der Hornhaut 5 seitlich herausgezogen und somit entfernt werden.

Die Erzeugung der Schnittfläche 9 mittels des laserchirurgischen Instrumentes 2 ist in Figur 3 schematisch dargestellt. Durch Aneinanderreihung der Plasmablasen 8 in Folge stetiger
10 Verschiebung des Fokus 7 des gepulsten fokussierten Laserstrahls 3 wird die Schnittfläche 9 gebildet.

Die Fokusverschiebung erfolgt dabei zum einen in einer Ausführungsform mittels der in Figur 4 schematisch dargestellten Ablenkeinheit 10, die den auf einer Haupteinfallssachse H auf das
15 Auge 1 einfallenden Laserstrahl 3 um zwei senkrecht zueinander liegenden Achsen ablenkt. Die Ablenkeinheit 10 verwendet dafür einen Zeilenspiegel 11 sowie einen Bildspiegel 12, was zu zwei hintereinander liegenden räumlichen Ablenkachsen führt. Der Kreuzungspunkt der Hauptstrahlachse H mit der Ablenkachse ist dann der jeweilige Ablenkpunkt. Zur Fokusverschiebung wird zum anderen das Teleskop 6 geeignet verstellt. Dadurch kann der
20 Fokus 7 in dem in Figur 4 schematisch dargestellten x/y/z-Koordinatensystem entlang dreier orthogonaler Achsen verstellt werden. Die Ablenkeinheit 10 verstellt den Fokus in der x/y-Ebene, wobei der Zeilenspiegel den Fokus in der x-Richtung und der Bildspiegel in der y-Richtung zu verstellen erlaubt. Das Teleskop 6 wirkt dagegen auf die z-Koordinate des Fokus 7.

25 Aufgrund der Corneakrümmung, die zwischen 7 und 10 mm beträgt, ist das Teilvolumen T auch entsprechend gekrümmt. Die Corneakrümmung wirkt sich somit in Form einer Bildfeldkrümmung aus. Diese wird durch geeignete Ansteuerung der Ablenkeinheit 10 und des Teleskopes 6 berücksichtigt.

30 Ist eine wie in Figur 3 gezeigte Schnittfläche in die gleiche Richtung wie die Hornhautoberfläche gewölbt, so ist dies mit einer Optik, deren Bildfeldkrümmung ähnlich der Krümmung der Hornhaut ist, zu erreichen, ohne daß die Führung des Fokus 7 dies berücksichtigen muß.

Die gekrümmte Schnittfläche 9 wird durch Aneinanderreihung von Plasmablasen 8 durch
35 geeignete Verstellung des Fokus 7 sowie Ansteuerung der Strahlquelle S erzeugt. Dabei kann beispielshalber ein Abrastern der Schnittfläche 9 erfolgen. Die Steuereinrichtung des Instrumentes 2 steuert die Ablenkeinrichtung 10 und die Scanoptik 6 jedoch so an, daß innerhalb eines gewissen Zeitfensters keine Durchbrüche in unmittelbarer Nachbarschaft

entstehen. Die Anordnung der Plasmablasen 8, die die Schnittfläche 9 bilden, kann als (gekrümmte) flächengitterartige Anordnung F aufgefaßt werden. Zur Veranschaulichung ist in Figur 5 eine ebene Darstellung für die flächengitterartige Anordnung F gewählt, realiter sind die einzelnen Plasmablasen 8 natürlich auf einer räumlich gekrümmten Fläche angeordnet, um das Teilvolumen T zu isolieren. Die derart auf der gekrümmten Schnittfläche 9 definierte flächengitterartige Anordnung F wird nun nicht durch unmittelbar sequentielles Abarbeiten der darin liegenden Plasmablasen 8 erzeugt, statt dessen unterteilt die Steuereinheit des Instrumentes 2 die flächengitterartige Anordnung F in drei Teilgitter G1, G2 und G3, die in den Figuren 5a bis 5c gezeigt sind. Die Teilgitter G1 und G2 sowie G3 sind dabei aus einem gemeinsamen Grundgitter gewonnen, das jeweils um den Abstand zwischen zwei Plasmablasen 8 entlang einer Gitterachse verschoben ist.

Die Steuereinrichtung fährt nun die einzelnen Punkte der flächengitterartigen Anordnung F rasterartig so ab, daß zuerst die Punkte des Teilgitters G1 abgearbeitet werden. Ist an jedem Punkt des Teilgitters G1 eine Plasmablase 8 erzeugt, nimmt die Steuereinheit eine Koordinatenverschiebung bezüglich des Rastermusters des Teilgitters G1 vor und erzeugt optische Durchbrüche gemäß dem Teilgitter G2. Die optischen Durchbrüche 8 des Teilgitters G2 sind zwar optischen Durchbrüchen des Teilgitters G1 jeweils unmittelbar benachbart, haben jedoch keine unmittelbaren Nachbarn innerhalb des Teilgitters G2. Bei geeigneter Wahl der Teilgitter G1 und G2 ist die Schnittfläche 9 dann fertig. Bei der in der Figur gezeigten Aufteilung ist dagegen noch ein drittes Teilgitter G3 vorgesehen.

Eine nochmalige Koordinatentransformation der Steuereinheit des Instrumentes 2 sorgt dafür, daß in einem dritten Durchlauf an den Punkten des Teilgitters G3 optische Durchbrüche erzeugt werden, die jeweils die noch verbleibenden Lücken zwischen den Plasmablasen 8 der Teilgitter G1 und G2 füllen. Im Ergebnis ist die flächengitterartige Anordnung F vollständig mit Plasmablasen 8 gefüllt, so daß die Schnittfläche 9 abgeschlossen ist.

Das Zugrundelegen eines Teilgitters bei der Abarbeitung der Punkte, an denen Plasmablasen 8 für die Schnittfläche 9 initiiert werden müssen, hat den Vorteil, daß die Steuereinheit des Instrumentes 2 mit einem festen Ablenkschema arbeiten kann, das zum Abarbeiten der Teilgitter G1, G2 und G3 lediglich einer festen Koordinatentransformation unterworfen werden muß. Gleichzeitig ist sichergestellt, daß kein Punkt der flächengitterartigen Anordnung F ohne Plasmablase 8 bleibt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausbilden von Schnittflächen (9) in einem transparenten Material,
5 insbesondere in der Augenhornhaut (5), durch Erzeugen optischer Durchbrüche (8) im Material
(5) mittels ins Material (5) fokussierter Laserstrahlung (3), wobei der Fokuspunkt (7) verstellt
wird, um die Schnittfläche (9) durch eine flächengitterartige Anordnung (F) aneinandergereihter
optischer Durchbrüche (8) zu bilden, und wobei der Fokuspunkt (7) entlang einer Bahn verstellt
10 wird und entlang der Bahn benachbarte optische Durchbrüche (8) nicht unmittelbar
hintereinander erzeugt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die flächengitterartige
Anordnung (F) der optischen Durchbrüche (8) aus mindestens zwei Teilgittern (G1, G2, G3)
aufgebaut wird, die hinsichtlich ihrer zugeordneten optischen Durchbrüche (8) nacheinander
abgearbeitet werden.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei Teilgitter (G1, G2, G3) so
gewählt werden, daß in der flächengitterartigen Anordnung (F) in mindestens einem Teilgitter
(G1, G2, G3) für mindestens einen optischen Durchbruch (8) alle benachbarten optischen
Durchbrüche (8) zu anderen Teilgittern (G1, G2, G3) gehören.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für alle Teilgitter (G1, G2, G3)
die optischen Durchbrüche (8) keinen unmittelbar benachbarten optischen Durchbruch (8), der
zum selben Teilgitter (G1, G2, G3) gehört, haben.
4. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die
25 Schnittfläche (9) durch eine flächengitterartige Anordnung (F) in Form eines trigonalen Gitters
erzeugt wird und drei Teilgitter (G1, G2, G3) aus einem Grundteilgitter in drei verschiedenen
Verschiebungen entlang einer Achse des Grundteilgitters erzeugt werden.
5. Vorrichtung zum Ausbilden von Schnittflächen (9) in einem transparenten Material,
30 insbesondere in der Augenhornhaut (5), mit einer Laserstrahlungsquelle (S), die Laserstrahlung

(3) in das Material fokussiert und dort optische Durchbrüche (8) bewirkt, wobei eine Scaneinrichtung (6, 10), die den Fokuspunkt (7) verstellt, und eine Steuereinrichtung (2) vorgesehen sind, die die Scaneinrichtung (6, 10) ansteuert, um die Schnittfläche (9) durch eine flächengitterartige Anordnung (F) aneinandergereihter optischer Durchbrüche (8) im Material (5) zu bilden, wobei die Steuereinrichtung (2) den Fokuspunkt (7) entlang einer Bahn verstellt und entlang der Bahn benachbarte optische Durchbrüche (8) nicht unmittelbar hintereinander erzeugt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die flächengitterartige Anordnung (F) der optischen Durchbrüche (8) aus mindestens zwei Teilgittern (G1, G2, G3) aufgebaut ist und die Steuereinrichtung (2) die Fokusverstellung so bewirkt, daß die Teilgitter (G1, G2, G3) hinsichtlich ihrer zugeordneten optischen Durchbrüche (8) nacheinander abgearbeitet werden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (2) die drei Teilgitter (G1, G2, G3) so wählt, daß in mindestens einem Teilgitter (G1, G2, G3) für mindestens einen optischen Durchbruch (8) alle benachbarten optischen Durchbrüche (8) zu anderen Teilgittern (G1, G2, G3) gehören.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß für alle Teilgitter (G1, G2, G3) die optischen Durchbrüche (8) keinen unmittelbar benachbarten optischen Durchbruch (8), der zum selben Teilgitter (G1, G2, G3) gehört, haben.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (2) die Schnittfläche (9) durch eine flächengitterartige Anordnung in Form eines trigonalen Gitters erzeugt und die drei Teilgitter (G1, G2, G3) aus einem Grundgitter in drei verschiedenen Verschiebungen entlang einer Achse des Grundteilgitters erzeugt.

9. Verfahren oder Vorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teilgitter (G1, G2, G3) nicht vollständig mit optischen Durchbrüchen (8) abgearbeitet wird.

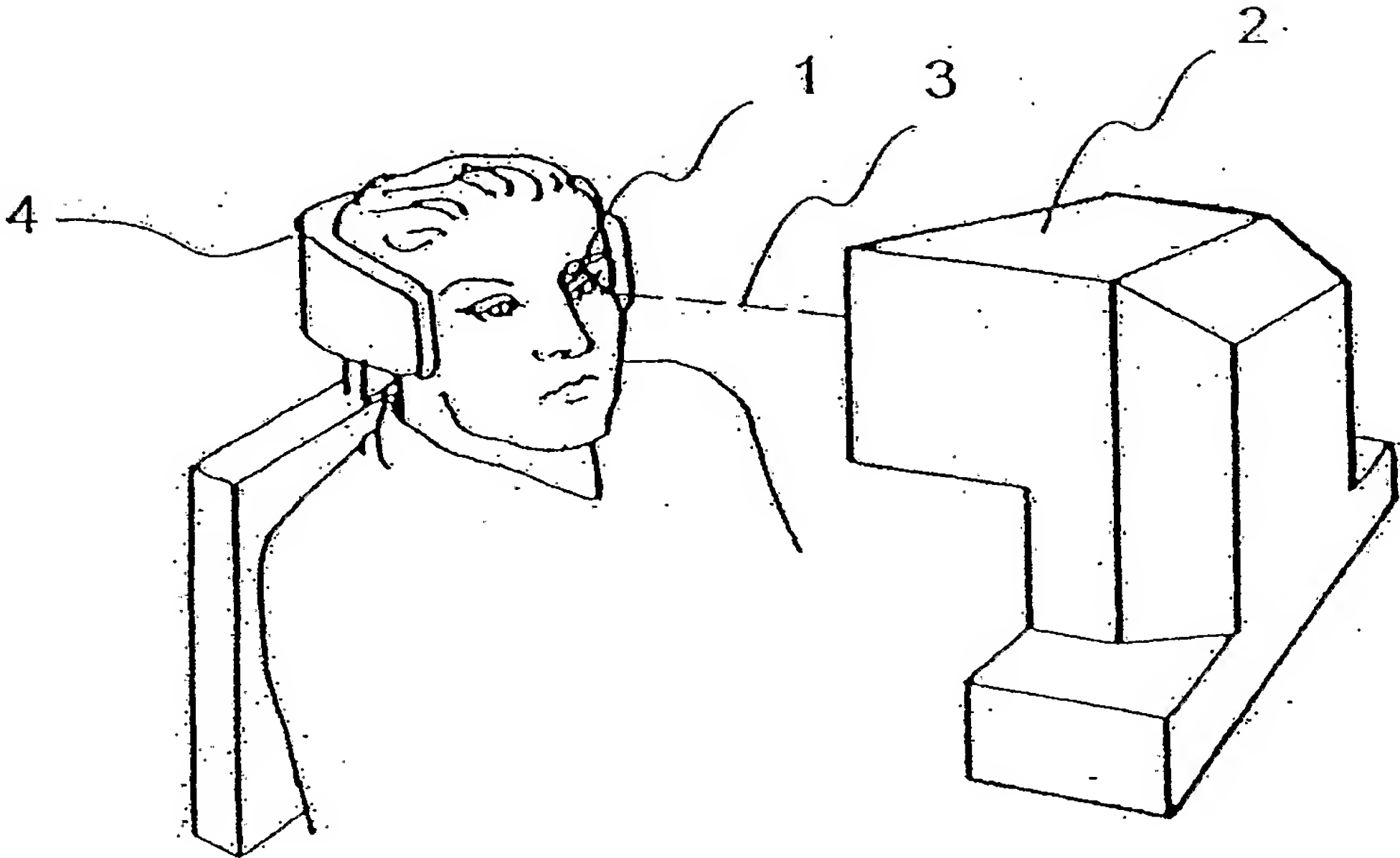


Fig. 1

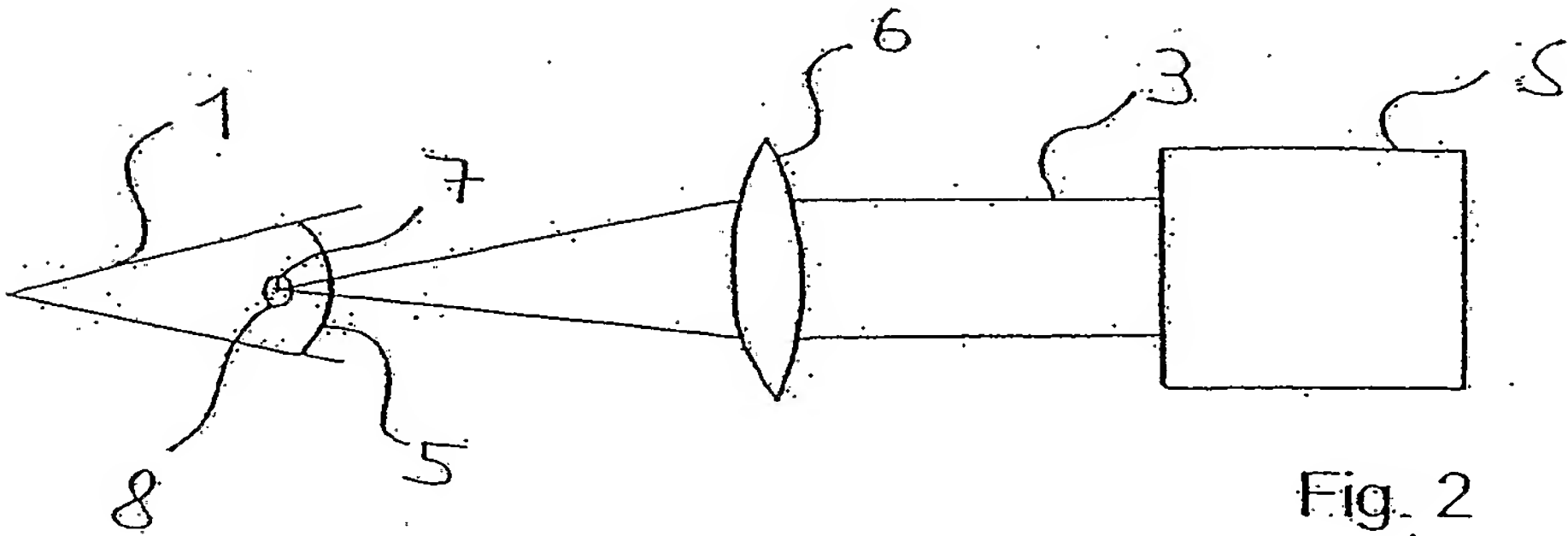


Fig. 2

2/2

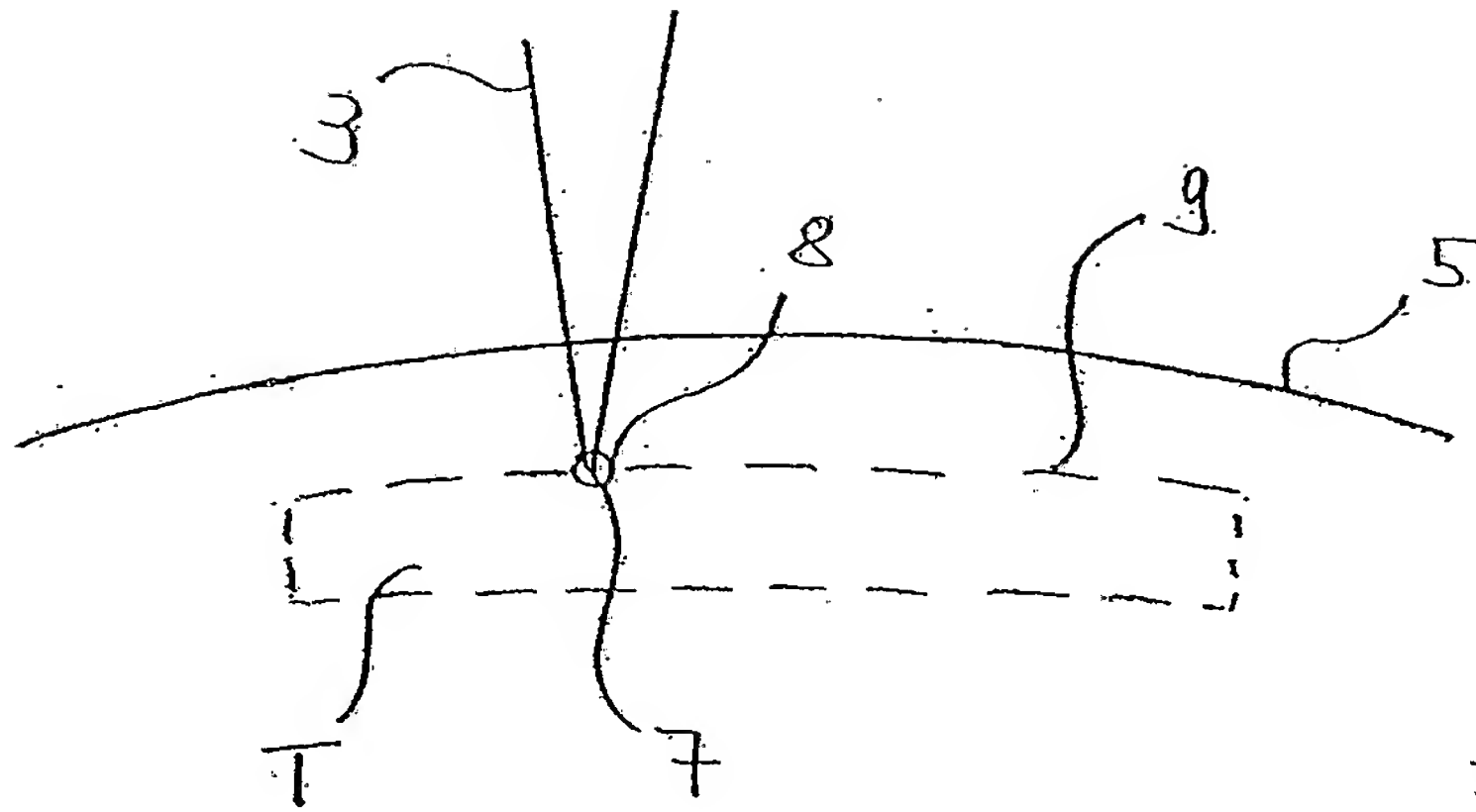


Fig. 3

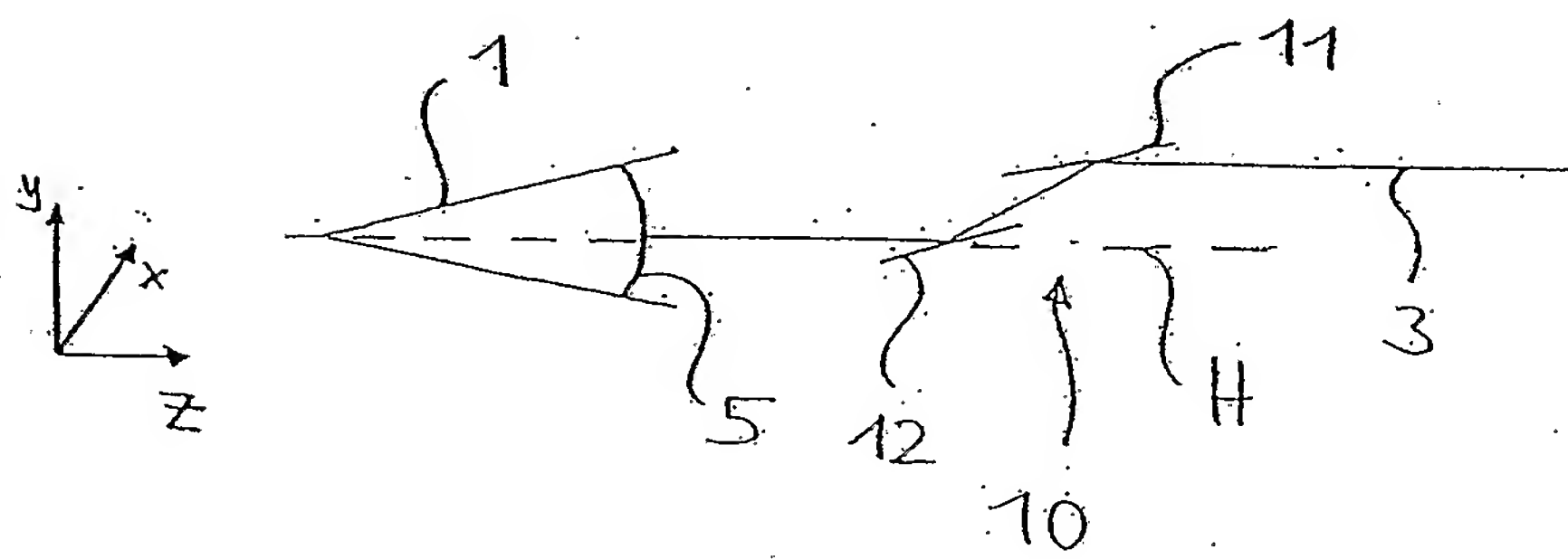


Fig. 4

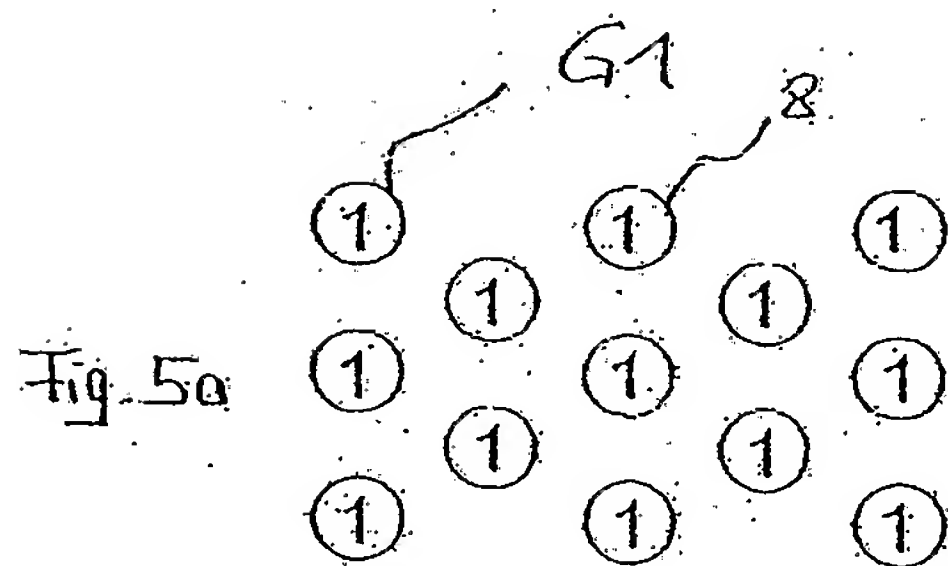


Fig. 5a

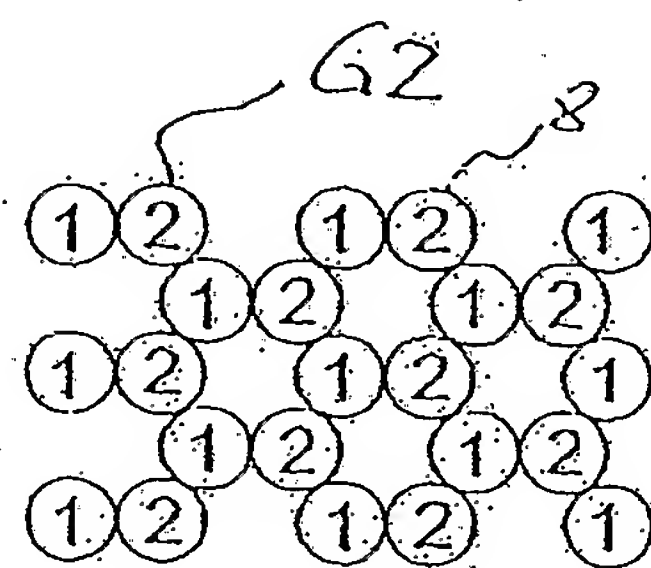


Fig. 5b

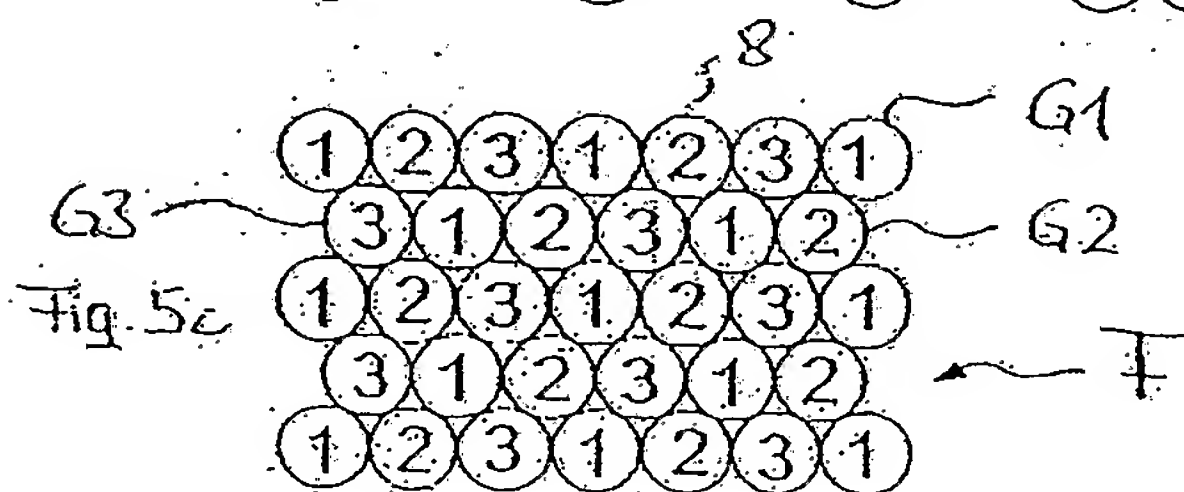


Fig. 5c

Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/007045

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 A61F9/01 A61F9/008 B23K26/04 B23K26/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61F B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | US 6 210 401 B1 (LAI SHUI T) 3 April 2001 (2001-04-03) | 5-7 |
| A | column 11, line 30 - column 11, line 38 column 14, line 12 - column 14, line 36 column 20, line 22 - column 22, line 45; claims 1,6; figures 1,7A,7B,7D1-3 | 8,9 |
| A | DE 101 62 166 A (FRIEDRICH SCHILLER UNI JENA BU) 18 June 2003 (2003-06-18) abstract; figure 1 | 5 |
| A | US 6 099 522 A (ORKISZEWSKI JERZY ET AL) 8 August 2000 (2000-08-08) abstract | 5 |
| | ----- -/-- | |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 November 2004

Date of mailing of the international search report

16/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Merté, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/007045

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|---|-----------------------|
| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| P,A | <p>WO 03/082146 A (INTRALASE CORP) 9 October 2003 (2003-10-09) page 2, paragraph 4 page 11, paragraph 44 - page 11, paragraph 45 page 12, paragraph 49 - page 12, paragraph 50 page 14, paragraph 55; claims 1,2,26,28,36,41,79,80,89,97,99,100; figure 1</p> <p>-----</p> | 5,7 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

EP2004/007045

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: **1-4**
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

PCT Rule 39.1(iv) – method which, in view of the attendant health risks, must be carried out by a physician and which is practiced for treatment of the human or animal body by therapy.
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐

No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/007045

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 6210401 | B1 | 03-04-2001 | US 5280491 A | 18-01-1994 |
| | | | US 2001010003 A1 | 26-07-2001 |
| | | | US 2004199150 A1 | 07-10-2004 |
| | | | AT 218904 T | 15-06-2002 |
| | | | AU 671607 B2 | 05-09-1996 |
| | | | AU 3069792 A | 07-06-1993 |
| | | | AU 698453 B2 | 29-10-1998 |
| | | | AU 7416096 A | 27-02-1997 |
| | | | CA 2123008 A1 | 13-05-1993 |
| | | | DE 69232640 D1 | 18-07-2002 |
| | | | DE 69232640 T2 | 06-02-2003 |
| | | | EP 1159986 A2 | 05-12-2001 |
| | | | EP 0614388 A1 | 14-09-1994 |
| | | | JP 5508504 T | 25-11-1993 |
| | | | JP 7503382 T | 13-04-1995 |
| | | | WO 9308877 A1 | 13-05-1993 |
| | | | US 6325792 B1 | 04-12-2001 |
| | | | AU 2479392 A | 02-03-1993 |
| | | | CA 2108951 A1 | 22-04-1995 |
| | | | EP 0576632 A1 | 05-01-1994 |
| | | | WO 9303521 A1 | 18-02-1993 |
| DE 10162166 | A | 18-06-2003 | DE 10162166 A1 | 18-06-2003 |
| | | | WO 03049656 A2 | 19-06-2003 |
| | | | EP 1453444 A1 | 08-09-2004 |
| US 6099522 | A | 08-08-2000 | US 5098426 A | 24-03-1992 |
| | | | US 2002173778 A1 | 21-11-2002 |
| | | | US 2002198516 A1 | 26-12-2002 |
| | | | US 6726680 B1 | 27-04-2004 |
| | | | US 2004059321 A1 | 25-03-2004 |
| | | | AU 3781193 A | 13-09-1993 |
| | | | CA 2130999 A1 | 02-09-1993 |
| | | | EP 0630205 A1 | 28-12-1994 |
| | | | WO 9316631 A1 | 02-09-1993 |
| | | | US 6702809 B1 | 09-03-2004 |
| | | | US 5865832 A | 02-02-1999 |
| | | | AU 651313 B2 | 21-07-1994 |
| | | | AU 5161290 A | 05-09-1990 |
| | | | CA 2009368 A1 | 06-08-1990 |
| | | | CA 2339880 A1 | 06-08-1990 |
| | | | CN 1045028 A | 05-09-1990 |
| | | | EP 0426779 A1 | 15-05-1991 |
| | | | JP 4503913 T | 16-07-1992 |
| | | | JP 3095079 B2 | 03-10-2000 |
| | | | WO 9009141 A2 | 23-08-1990 |
| WO 03082146 | A | 09-10-2003 | WO 03082146 A2 | 09-10-2003 |
| | | | US 2003212387 A1 | 13-11-2003 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007045

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 A61F9/01 A61F9/008 B23K26/04 B23K26/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 A61F B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie ^o | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------------------|---|--------------------|
| X | US 6 210 401 B1 (LAI SHUI T) 3. April 2001 (2001-04-03) | 5-7 |
| A | Spalte 11, Zeile 30 - Spalte 11, Zeile 38 Spalte 14, Zeile 12 - Spalte 14, Zeile 36 Spalte 20, Zeile 22 - Spalte 22, Zeile 45; Ansprüche 1,6; Abbildungen 1,7A,7B,7D1-3 ----- | 8,9 |
| A | DE 101 62 166 A (FRIEDRICH SCHILLER UNI JENA BU) 18. Juni 2003 (2003-06-18) Zusammenfassung; Abbildung 1 ----- | 5 |
| A | US 6 099 522 A (ORKISZEWSKI JERZY ET AL) 8. August 2000 (2000-08-08) Zusammenfassung ----- -/-- | 5 |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. November 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/11/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Merté, B

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/007045

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|--|---|--------------------|
| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| P, A | <p>WO 03/082146 A (INTRALASE CORP) 9. Oktober 2003 (2003-10-09) Seite 2, Absatz 4 Seite 11, Absatz 44 – Seite 11, Absatz 45 Seite 12, Absatz 49 – Seite 12, Absatz 50 Seite 14, Absatz 55; Ansprüche 1, 2, 26, 28, 36, 41, 79, 80, 89, 97, 99, 100; Abbildung 1</p> <p>-----</p> | 5, 7 |

Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☒ Ansprüche Nr. 1-4
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
Regel 39.1(iv) PCT – Verfahren, das angesichts der damit verbundenen gesundheitlichen Risiken durch einen Arzt durchgeführt werden muss und der therapeutischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers dient.
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.

☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007045

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 6210401 | B1 | 03-04-2001 | US 5280491 A 18-01-1994 |
| | | | US 2001010003 A1 26-07-2001 |
| | | | US 2004199150 A1 07-10-2004 |
| | | | AT 218904 T 15-06-2002 |
| | | | AU 671607 B2 05-09-1996 |
| | | | AU 3069792 A 07-06-1993 |
| | | | AU 698453 B2 29-10-1998 |
| | | | AU 7416096 A 27-02-1997 |
| | | | CA 2123008 A1 13-05-1993 |
| | | | DE 69232640 D1 18-07-2002 |
| | | | DE 69232640 T2 06-02-2003 |
| | | | EP 1159986 A2 05-12-2001 |
| | | | EP 0614388 A1 14-09-1994 |
| | | | JP 5508504 T 25-11-1993 |
| | | | JP 7503382 T 13-04-1995 |
| | | | WO 9308877 A1 13-05-1993 |
| | | | US 6325792 B1 04-12-2001 |
| | | | AU 2479392 A 02-03-1993 |
| | | | CA 2108951 A1 22-04-1995 |
| | | | EP 0576632 A1 05-01-1994 |
| | | | WO 9303521 A1 18-02-1993 |
| DE 10162166 | A | 18-06-2003 | DE 10162166 A1 18-06-2003 |
| | | | WO 03049656 A2 19-06-2003 |
| | | | EP 1453444 A1 08-09-2004 |
| US 6099522 | A | 08-08-2000 | US 5098426 A 24-03-1992 |
| | | | US 2002173778 A1 21-11-2002 |
| | | | US 2002198516 A1 26-12-2002 |
| | | | US 6726680 B1 27-04-2004 |
| | | | US 2004059321 A1 25-03-2004 |
| | | | AU 3781193 A 13-09-1993 |
| | | | CA 2130999 A1 02-09-1993 |
| | | | EP 0630205 A1 28-12-1994 |
| | | | WO 9316631 A1 02-09-1993 |
| | | | US 6702809 B1 09-03-2004 |
| | | | US 5865832 A 02-02-1999 |
| | | | AU 651313 B2 21-07-1994 |
| | | | AU 5161290 A 05-09-1990 |
| | | | CA 2009368 A1 06-08-1990 |
| | | | CA 2339880 A1 06-08-1990 |
| | | | CN 1045028 A 05-09-1990 |
| | | | EP 0426779 A1 15-05-1991 |
| | | | JP 4503913 T 16-07-1992 |
| | | | JP 3095079 B2 03-10-2000 |
| | | | WO 9009141 A2 23-08-1990 |
| WO 03082146 | A | 09-10-2003 | WO 03082146 A2 09-10-2003 |
| | | | US 2003212387 A1 13-11-2003 |